

INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. DR.-ING. E. h. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTASY

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
Beethovenstraße 52 · 3300 Braunschweig

An die
Deutsche Forschungsgemeinschaft

Postfach 20 50 04

5300 Bonn 2

Bei Antwort bitte Aktenzeichen angeben

Ihre Zeichen
Hu

Ihre Nachricht vom
23.09.1983

Unsere Zeichen
588/Nei/EF

3300 Braunschweig, den 28. 10. 1983

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Betr.: Schwerpunktprogramm "Dauerhaftigkeit nichtmetallischer
anorganischer Baustoffe"

Bezug: Bewilligungsbescheid Az.: Ne 234/3-1 vom 23. 2. 1983

A r b e i t s b e r i c h t

zum Forschungsvorhaben

"Schutzwirkung organischer Beschichtungen zur Erhöhung
der Dauerhaftigkeit von Beton gegenüber Feuchtigkeit
und aggressiven Gasen"

1. Allgemeines

Die Diffusionswiderstandszahlen μ organischer Beton-Schutzbeschichtungen für Wasserdampf, CO_2 und SO_2 sind bisher lediglich für H_2O -Dampf in einem für die Beurteilung der Schutzwirkung einigermaßen vertrauenswürdigen Umfang bekannt. Aber selbst bei der vergleichsweise einfachen μ -Bestimmung für Wasserdampf ergeben sich u. U. erhebliche Unterschiede im Ergebnis, wobei offenbar der Feuchtebereich ("feuchte" oder "trockene" Umgebungsatmosphäre bei konstanter Feuchtedifferenz an der Probe) und der Beschichtungsträger ("freier" Film, Papier, Beton) eine große Rolle spielen /1/.

Die Diffusionswiderstandszahlen von Beton-Schutzbeschichtungen für CO_2 werden bisher nur nach einem Verfahren bestimmt /2/. Die Übertragbarkeit dieser Werte auf den praktischen Anwendungsfall ist jedoch noch zweifelhaft, wofür in erster Linie wohl die wenig praxisnahen Prüfbedingungen (völlig trockene Atmosphäre stark überhöhte Gaskonzentration) als Ursache zu nennen sind. Die Schutzwirkung derartiger Anstriche gegenüber SO_2 wird aufgrund der jeweils vorliegenden Ergebnisse für CO_2 vorausgesetzt, über die tatsächliche Wirkung ist jedoch nichts bekannt.

Aufgrund der vorstehend geschilderten, bisher sehr unbefriedigenden Situation hat mir die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Februar 1983 im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Dauerhaftigkeit" ein Forschungsvorhaben bewilligt, dessen bisherige Ergebnisse im vorliegenden Arbeitsbericht vorgestellt werden. Dieser Bericht wurde im Rahmen des Antragsverfahrens für den zweiten Förderungsabschnitt (1984) zusammengestellt und umfaßt den Bearbeitungszeitraum März-Oktober 1983.

2. Ziele und Arbeitsprogramm

Im Mittelpunkt des ersten, 12-monatigen Förderungsabschnittes stehen die Entwicklung, der Aufbau und die Erprobung der erforderlichen Prüfverfahren und Meßeinrichtungen sowie bereits teilweise die Ermittlung der Einflüsse von Gaskonzen-

trationen, Gaszusammensetzung und Probenaufbau auf die Diffusionswiderstandszahlen $\mu_{\text{H}_2\text{O-Dampf}}$, μ_{CO_2} und μ_{SO_2} .

Ziel dieses Bearbeitungsabschnittes ist die Bereitstellung von Verfahren bzw. der erforderlichen Meßeinrichtungen zur Bestimmung realer, auf Bauwerksoberflächen übertragbarer Diffusionswiderstandszahlen als Basis für die Ermittlung derartiger Werte im zweiten Untersuchungsabschnitt. Als Untersuchungsmaterial dienen die in der Praxis eingesetzten organischen Beton-Schutzbeschichtungen auf der Basis Silikon, Silan, Siloxan, Acryl, Epoxid, Polyurethan und Polyvinylchlorid.

3. Bearbeitete Untersuchungsschritte und Ergebnisse

In den ersten 8 Bearbeitungsmonaten (3.83-10.83), über die hier berichtet werden kann, wurden die folgenden Untersuchungsschritte in Angriff genommen bzw. abgeschlossen:

3.1 Herstellung "freier" Anstrichfilme

Sog. "freie" Anstrichfilme sind Anstrichproben, die sich bei der Prüfung nicht mehr auf einem Trägermaterial befinden. Ihre Präparation ist in der Regel nicht ganz einfach, da der erzeugte Film beim Ablösen vom Träger nicht verändert werden darf. Der Vorteil derartiger freier Filme sind ihre Gleichmäßigkeit, insbesondere Filmdicke, über den Prüfquerschnitt sowie das Fehlen eines die Meßergebnisse ggf. beeinflussenden Trägers. So lassen sich zunächst die reinen Materialkennwerte ermitteln.

In der Literatur werden eine Reihe von Verfahren für die Herstellung freier Filme beschrieben, von denen ein Teil jedoch nur für ganz bestimmte Anstrichmaterialien brauchbar ist /3-6/. Nach umfangreichen Vorversuchen wurden die Verfahren mit den Trägern "Photopapier", "Glasplatte" und "Glasplatte mit Polyvinylalkohol" in das Versuchsprogramm übernommen. Es hat sich dann gezeigt, daß sich für die im

Betonoberflächenschutz eingesetzten organischen Anstriche am besten das Verfahren "Photopapier" zur Erzeugung freier Anstrichfilme eignet.

Zur Herstellung wird der Anstrichstoff mit dem Pinsel (andere Auftragstechniken sind ebenfalls möglich) auf die Schichtseite des Photopapiers aufgetragen. Um ein Aufwölben des Papiers beim Beschichten zu verhindern, wird es vorher an allen Rändern mit Klebestreifen auf einer ebenen Unterlage befestigt. Nach dem Auftrocknen wird das Papier (Anstrich nach oben) auf eine naßfeuchte Unterlage aus Löschpapier gelegt. Die Feuchtigkeit dringt durch den Papierrücken bis in die Gelatineschicht des Photopapiers. Nach dem Aufweichen der Gelatineschicht (Photoschicht) läßt sich der Anstrichfilm in der Regel ohne mechanische Belastung vom Träger abnehmen. Für die Herstellung eignen sich Kunststoffphotopapiere nicht, sondern nur die sog. Barytpapiere (z. B. Agfa-Record Rapid, RRH 111). Es hat sich als sehr vorteilhaft erwiesen, während des Aufweichens der Gelatineschicht das Paket "Feuchte Löschpapiere, Photopapier mit Anstrich, Löschpapier" zwischen zwei Glasplatten zu legen, um Verwerfungen zu vermeiden. Nach dem Ablösen des Films wird seine Rückseite abgespült, anschließend erfolgt eine Lagerung zwischen Löschpapieren bis zur Probenherstellung. Nach diesem Verfahren wurden im Rahmen der bisher durchgeführten Untersuchungen regelmäßig freie Filme mit Abmessungen bis zu 13 x 18 cm² hergestellt.

3.2 Herstellung beschichteter Betonprüflinge

Für die Herstellung beschichteter Betonprüflinge werden zunächst Betonplatten der Abmessungen 20 x 20 x 7 cm³ in einer Batterieschalung stehend betoniert. Nach dem Ausschalen lagern die Platten 7 Tage feucht. Der Beton wird als B 30 mit 16 mm Größtkorn und PZ hergestellt. Nach 28 Tagen wird von der Plattenvor- und -rückseite jeweils eine etwa 10 mm dicke,

20 x 20 cm² große Scheibe abgeschnitten. Die Scheiben werden künstlich in einer CO₂-Kammer durchkarbonatisiert, getrocknet und anschließend auf ihrer Schalseite beschichtet, nachdem die Zementschlempe dort mit einer Drahtbürste entfernt worden war. Aus diesen Scheiben werden dann mittels einer Bohrkronen die eigentlichen Prüflinge mit einem Ø = 80 mm herausgeschnitten. Dieser Herstellungsvorgang stellt sicher, daß sowohl Beschichtung als auch Betonaufbau und -struktur längs des Prüflingsdurchmessers gleichmäßig sind (Ausschnitt aus einem Kontinuum).

Die so angefertigten Prüflinge lagern bis zur Gewichtskonstanz bereits im Prüfklima. Es erfolgt die Herstellung der Diffusionsproben und unmittelbar anschließend die Prüfung.

3.3 Herstellung der Diffusionsproben

Die Herstellung der Diffusionsproben erfolgt nach DIN 52615, 53122 oder auch in Anlehnung an /7/.

Freie Anstrichfilme (vgl. 3.1) oder beschichtete Betonprüflinge (vgl. 3.2) werden auf Glas- oder Metallgefäße diffusionsdicht aufgesetzt. Als diffusionsdichtes Verguß- bzw. Dichtungsmittel hat sich hier Paraffinum durum DAB 8 (54-56°) bewährt. Seine Eignung wurde in entsprechenden Blindversuchen nachgewiesen. In den Gefäßen befindet sich je nach Prüfverfahren CaCl₂, Silikagel oder P₂O₅ (Trockenmittel im sog. Trockenbereichsverfahren, Δ Feuchte 50 % RF/ ~ 0 % RF), Wasser oder NH₄H₂PO₄-Lösung (Feuchtereservoir im sog. Naßbereichsverfahren, Δ Feuchte 50 % RF/ ~ 100 % RF) bzw. Natronasbest, sofern CO₂ oder SO₂ adsorbiert werden soll.

Den typischen Probenaufbau zeigen die Abbildungen 1 und 2 des Anhangs.

3.4 Durchführung und Auswertung der Diffusionsmessungen

Zur Ermittlung der Diffusionswiderstandszahl bzw. des Diffusionswiderstandes werden die Probekörper (vgl. 3.3) in einen Prüfraum gestellt, dessen Klima und Gaszusammensetzung je nach Aufgabenstellung unterschiedlich ist. Folgende Klimate bzw. Gasmischungen wurden und werden im Rahmen der Untersuchungen eingesetzt:

a) Wasserdampfdiffusion

20°C, 50 % RF, natürliche Luft

(Im Probenschälchen befindet sich dabei entweder ein Trockenmittel (Trockenbereich, RF \sim 0 %) oder Wasser (Feuchtebereich, RF \sim 100 %), vgl. auch 3.3).

b) CO₂-Diffusion

20°C, 0 % RF Trockenbereich, 80 % N₂-20 % O₂ mit unterschiedlichen CO₂-Zugaben im Bereich 0,15 - 10 Vol-% bzgl. der Gesamtmischung

(Im Probenschälchen: Natronasbest).

20°C, 50-80 % RF Feuchtebereich, 80 % N₂-20 % O₂ mit Zugabe von CO₂.

(Im Probenschälchen: Jeweils Probenpaare zur Trennung von CO₂ und H₂O, in deren Schälchen sich Natronasbest bzw. CaCl₂ befindet).

c) SO₂-Diffusion

20°C, 0 % RF Trockenbereich, 80 % N₂-20 % O₂ mit unterschiedlichen SO₂-Zugaben

(Im Probenschälchen: Natronasbest)

20°C, 50-80 % RF Feuchtebereich, 80 % N₂ - 20 % O₂ mit unterschiedlichen SO₂-Zugaben

(Im Probenschälchen: Jeweils Probenpaare zur Trennung von SO₂ und H₂O, in deren Schälchen sich CaCl₂ bzw. Natronasbest befindet).

Die Diffusionsproben werden in zeitlich regelmäßigen Abständen gewogen. Für diese Zwecke wurde aus Institutsmitteln eine Feinwaage (Bereich bis max. 400 g, Anzeige 1/1000 g) beschafft. Sowie sich eine zeitlich konstante Gewichtszu- bzw.-abnahme einstellt, läßt sich aus der grafischen Darstellung der Gewichte über der Zeit die Stoffmengenstromdichte J ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$) bestimmen.

Für die Ermittlung der Diffusionswiderstandszahl bzw. des Diffusionswiderstandes werden in der Regel folgende Diffusionsproben in das jeweilige Prüfklima eingesetzt:

a) Wasserdampfdiffusion

Freier Film: 3 - 5 Proben

Beschichteter Betonprüfling: 3 - 5 Proben beschichtet,
3 - 5 Proben unbeschichtet.

b) CO_2 -Diffusion

Freier Film: 3 - 5 Proben

Beschichteter Betonprüfling: je 3-5 Proben beschichtet und unbeschichtet. In der Anfangsphase zusätzlich sog. Blindproben ohne Absorptionsmittel.

c) SO_2 -Diffusion

wie bei CO_2 .

Die Ermittlung von μ erfolgt aus der Gleichung

$$\mu = \frac{D_L \cdot |c|}{J \cdot d}$$

Darin ist:

μ = Diffusionswiderstandszahl (-)

D_L = Diffusionskoeffizient des jeweiligen Gases in Luft (m^2/s)

$|c|$ = Betrag des Konzentrationsunterschiedes (Partialdruckdifferenz) des jeweiligen Gases an der Diffusionsprobe (kg/m^3)

J = Stoffmengenstromdichte des jeweiligen Gases bei Diffusion durch die Probe im stationären Zustand ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$).

d = Dicke der Proben (m)

3.5 Einflüsse von Feuchtebereich und Probenaufbau auf die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl

In einer ersten, sehr umfangreichen Untersuchung wurde dem Einfluß des Feuchtebereichs (Umgebungsfeuchte) auf $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ nachgegangen. Die Proben befanden sich im Klimaraum mit 23°C und 50 % RF. In den Probenschälchen befanden sich bei "höherer Umgebungsfeuchte" Wasser (ΔRF : 100 % \longrightarrow 50 %) bzw. gesättigte $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -Lösung (ΔRF : 93 % \longrightarrow 50 %) und bei "niedriger Umgebungsfeuchte" P_2O_5 bzw. CaCl_2 (ΔRF : 50 % \longrightarrow 0 %). Durchführung und Auswertung der Messung erfolgte entsprechend Abschnitt 3.4. In die Messungen wurden 8 Beschichtungen, z. T. mit und ohne Grundierung bzw. in unterschiedlichem Schichtaufbau einbezogen, so daß insgesamt 11 "Systeme" hinsichtlich des Einflusses der Umgebungsfeuchte auf die Wasserdampfdiffusion untersucht wurden. Es handelte sich dabei um Acryl-Dispersionen, gelöste Acrylharze und sog. Siloxanfarben.

Probenanzahl und eingesetzte Systeme wurden in diesem Untersuchungsabschnitt groß gewählt, um hinsichtlich der Probenherstellung in der Anfangsphase des Forschungsprogramms die nötige Erfahrung und Sicherheit zu gewinnen. Gleichzeitig wurden mit einem zweimaligen Durchfahren dieses Teilschrittes im Abstand von ca. 1,5 Monaten zusätzliche Erfahrungen zur Genauigkeit und zur Reproduzierbarkeit des Meßverfahrens ermittelt.

Das Gesamtergebnis der Wasserdampf-Diffusionsmessungen ist im Anhang in Form einer Tabelle zusammengestellt. Aufgrund dieser Untersuchungen können folgende Ergebnisse mitgeteilt werden:

- Mit den vorgestellten Methoden und Verfahren nach Abschnitt 3.1 - 3.4 sind die für die hier anstehende Fragestellung erforderliche Meßgenauigkeit und Reproduzierbarkeit gegeben.

- Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ üblicher Schutzanstriche für Betonoberflächen umfassen - je nach Umgebungsfeuchte und Anstrichmaterial bzw. -aufbau - einen Wertebereich von $\sim 600 - 40.000$.
- Von den untersuchten Materialien weisen die niedrigsten Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen die Dispersionen, die höchsten die lösungsmittelhaltigen Acrylharze auf.
- Lösungsmittelhaltige Acrylharze weisen - je nach Hersteller - sehr unterschiedliche Werte auf.
- Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl hängt - je nach Anstrichmaterial - mehr oder weniger deutlich von der Umgebungsfeuchte ab.

Acrylat-Dispersionen:

Bei niedriger Umgebungsfeuchte ($\Delta\text{RF}: 50 \% \longrightarrow 0 \%$)

ist $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ etwa 5 - 10-mal größer als bei hoher Umgebungsfeuchte ($\Delta\text{RF}: 100 \% \longrightarrow 50 \%$).

Lösungsmittelhaltige Acrylharze:

$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ ist bei niedriger Umgebungsfeuchte etwa 1,5 - 2-mal größer als bei hoher Umgebungsfeuchte.

Siloxan-Anstriche:

$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ weist bei niedriger Umgebungsfeuchte etwa 1,2-mal größere Werte auf als bei hoher Umgebungsfeuchte.

- Erste Vergleichsmessungen an beschichteten Betonprüflingen zeigen bei hoher Umgebungsfeuchte gute Übereinstimmung mit den an freien Anstrichfilmen gefundenen Werten.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß μ eine Materialkonstante ist und zunächst noch nichts über den Diffusionswiderstand einer Beschichtung aussagt. Letzterer ergibt sich erst aus dem Produkt $\mu \times \text{Schichtdicke}$.

In der Praxis hat sich mehr und mehr durchgesetzt, die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl bei hoher Umgebungsfeuchte (ΔRF : 100 % \rightarrow 50 %) zu ermitteln. Dieses Vorgehen ist bauphysikalisch durchaus gerechtfertigt (Problem: Austrocknung einer feuchten Wand), die vorstehend gezeigte und ggf. große Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchte sollte bei der Planung von Schutzmaßnahmen jedoch beachtet werden.

3.6 Entwicklung und Aufbau einer Meßeinrichtung zur Bestimmung von μ_{CO_2} und μ_{SO_2}

Vor dem Aufbau der eigentlichen Labormeßeinrichtung wurde zunächst eine kleine Piloteinrichtung erstellt, in der die grundsätzlichen Probleme wie Gasmischung, Gemischkontrolle, Probenaufbau, diffusionsdichtes Vergußmaterial, Dauer der Messung bzw. studiert wurden und werden. Diese Anlage zeigen die Abbildungen 3 und 4 des Anhangs. Aufgrund der mit dieser Versuchseinrichtung gewonnenen Erfahrungen werden zwei größere Versuchseinrichtungen aufgebaut, in dem die umfangreichen Versuchsserie des zweiten Förderungsabschnittes (1984) durchgeführt werden. Die beiden Anlagen werden zum Jahreswechsel 1983/84 fertiggestellt sein.

Eine Prinzipskizze der Anlagen zeigt Abb. 5 des Anhangs. Die Gasdosierung erfolgt getrennt nach synthetischer Luft und CO_2 (bzw. SO_2) durch Feindosierungsventile und Blasenähler. Nach getrennter Zuführung in den Meßraum erfolgt dort die Mischung und Verwirbelung durch ein Gebläse. Dieses Gebläse ist immer in Betrieb, also auch dann, wenn kein Gas zugeführt wird. Auf dem Weg in den Meßraum werden die Gase getrocknet, weitere Trockenmittel befinden sich auf dem Boden des Meßraumes. Die Gaszusammensetzung kann mittels sog. Gas-Meßröhrchen (Fa. Dräger) bei Bedarf kontrolliert werden. Die Wägung erfolgt mit einer Feinwaage, max. Belastung 400 g, Anzeige 10^{-3} g.

4. Zusammenfassung

Im ersten Förderungsabschnitt über 12 Monate von März 1983 bis Februar 1984 (einschließlich) des Forschungsvorhabens "Schutzwirkung organischer Beschichtungen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Beton gegenüber Feuchtigkeit und aggressiven Gasen" war geplant, eine Laboreinrichtung für Diffusionsmessungen zu entwickeln, aufzubauen und zu erproben. Außerdem sollten erste Untersuchungen zur Ermittlung der Einflüsse von Gaszusammensetzungen, Gaskonzentrationen, Feuchteeinfluß und Probenaufbau auf die Ergebnisse der Diffusionsmessungen durchgeführt werden. Als Untersuchungsmaterial dienten die in der Praxis eingesetzten, organischen Schutzbeschichtungen für Beton auf der Basis Silikon, Silan, Siloxan, Acrylharz, Epoxidharz, Polyurethan und Polyvinylchlorid. Betrachtete Gase sind und waren Wasserdampf, CO_2 und SO_2 .

In den ersten 8 Monaten des Forschungsvorhabens, über deren Ergebnisse hier berichtet werden kann, wurden alle anstehenden Punkte des Programms planmäßig in Angriff genommen bzw. auch z. T. schon abschließend bearbeitet.

Insbesondere wurden alle im Zusammenhang mit der Diffusionsprobenherstellung verbundenen Probleme gelöst, so daß bereits im Rahmen der Ermittlung des Einflusses der Umgebungsfeuchte auf die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl größere Probekörperserien hergestellt und gemessen werden konnten. Dabei hat sich das Herstellungsverfahren bewährt und es hat sich gezeigt, daß die Ergebnisse der Diffusionsmessungen - je nach Beschichtungsmaterial - u. U. sehr stark vom Meßverfahren (Umgebungsfeuchte) abhängen können. Unter Berücksichtigung der Praxisverhältnisse empfiehlt sich daher grundsätzlich das Verfahren mit hoher Umgebungsfeuchte ($\Delta\text{RF}: 100 \% \longrightarrow 50\%$), das in der Regel auch angewendet wird.

Der Einfluß der Feuchte auf die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl der Beschichtungsstoffe ist am deutlichsten bei den sog. Dispersionen, am geringsten bei den Siloxananstrichen ausgeprägt.

Die ebenfalls im ersten Förderungsabschnitt zu entwickelnde und aufzubauende Diffusionsmeßeinrichtung für die Schadgase CO_2 und SO_2 befindet sich anhand der Ergebnisse einer kleinen Pilotanlage im Aufbau und wird zum Jahreswechsel 1983/84 fertiggestellt sein.

Aufgrund des bisherigen Bearbeitungsstandes kann daher davon ausgegangen werden, daß alle Bearbeitungsschritte der ersten Förderungsperiode planmäßig abgeschlossen werden. Mit der Bereitstellung der Herstellungstechnologie der Proben und der vollständigen Meßeinrichtung, einschließlich der bei umfangreichen Wasserdampf- und orientierenden CO_2 -Diffusionsmessungen gewonnenen Erfahrungen, stehen alle auch für die erfolgreiche Bearbeitung der zweiten Förderungsperiode erforderlichen Voraussetzungen zur Verfügung.

Projektleiter

Sachbearbeiter

(Dr.-Ing. J. Neisecke)

(Dipl.-Phys. K. Landwehrs)

Braunschweig, 26. 10. 1983

Inhalt:

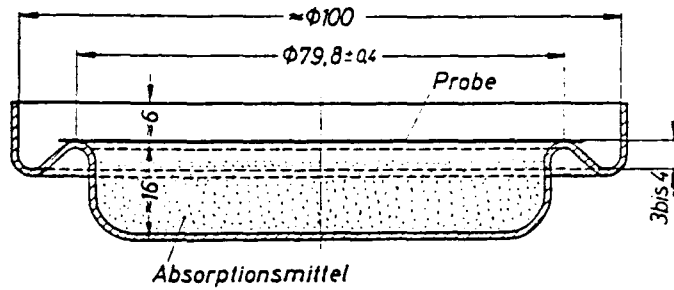
Literaturverzeichnis

Abbildungen 1 - 5

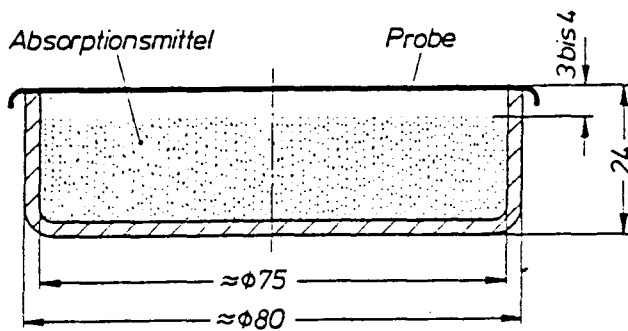
Ergebnistabelle Wasserdampfdiffusion

LITERATURVERZEICHNIS

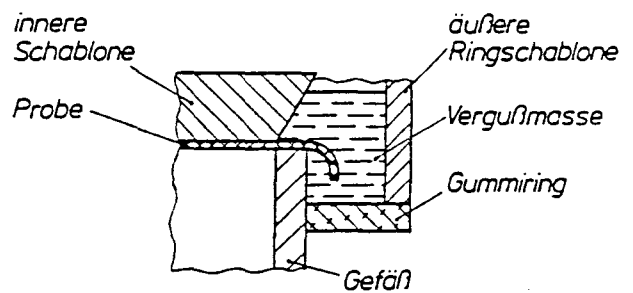
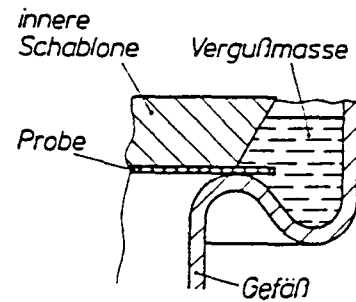
- /1/ Bagda, E.,
Renz, W.,
Weißert, A.: Der Feuchtehaushalt von Fassaden-
farben
Farbe und Lack, 87 (1981) 7-12
- /2/ Engelfried, R.: Karbonatisierung von Beton, ihre
Bedeutung und ihre Beeinflussung
durch Beschichtungen
defazet 31 (1977) 353-359
- /3/ Wilborn, F.: Physikalische und technologische Prüf-
verfahren für Lacke und ihre Rohstoffe
Berliner Union Verlag, Stuttgart,
1953
- /4/ Funke, W.,
Handloser, G.: Glanz und Permeabilität als Eigen-
schaften zur Bestimmung der kritischen
Pigmentvolumenkonzentration von
Lackfilmen
defazet 27 (1973), S. 440
- /5/ Harris, J.: A procedure for preparing free
paint films
Federat. Paint Varn. Product.
Clubs Off. Digest 28 (1956), S. 30-31
- /6/ Cass, R.A.: PTFE as a substrate for free paint
films
Federat. Pain Varn. Product.
Clubs Off. Digest 29 (1957). S. 240
- /7/ Wierig, H.-J.: Ein einfaches Verfahren zur Messung
der Wasserdampfdurchlässigkeit von
Mörtel und Beton
Zement-Kalk-Gips 16 (1963), S. 125



Absorptionsraum aus Aluminium-Schale



Absorptionsraum aus Glas-Schale



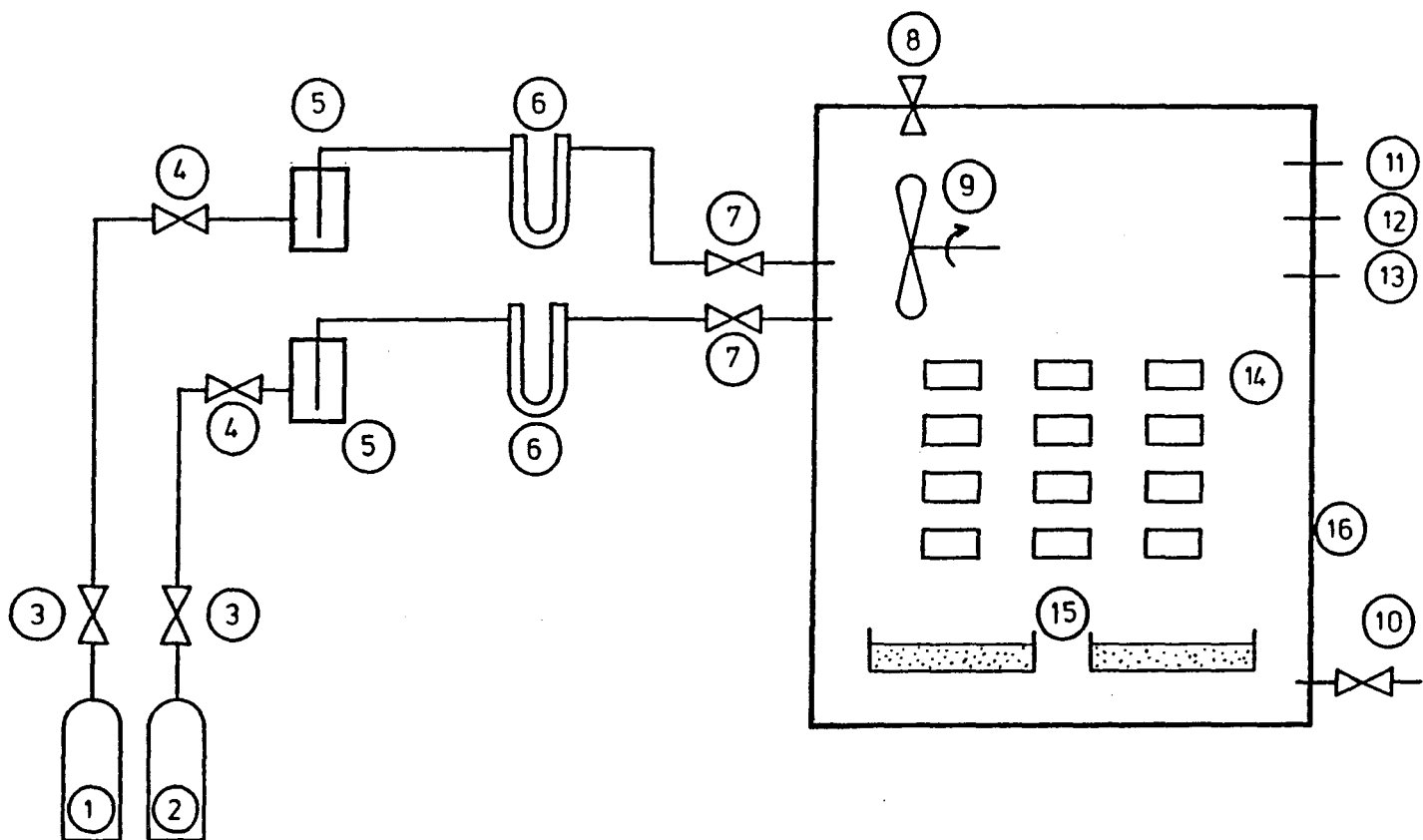
Vorrichtungen zum Vergießen

Abb. 1: Aufbau von Diffusionsproben nach DIN 53 122, Blatt 1, Seite 3

Abb. 2: Typische Laborproben. Links Glasgefäß mit Absorptionsmittel H_2SO_4 ; mittlere Probe wie Abb. 1 links oben; rechts Blindprobe mit diff.-dichtem Glasdeckel

Abb. 3: Pilotanlage zum Aufbau der eigentlichen CO₂- und SO₂-Meßapparatur. Zwischen Gasflaschen (links) und Meßraum mit Waage (rechts) sind Trockenröhrchen und Blasen-zähler zu erkennen.

Abb. 4: Detail aus Abb. 3. Meßraum mit Feinwaage (max. 400 g, 10⁻³g), Diffusionsprobe, Gasumwölzer **und** Trockenmittel.



- 1: Flasche, synth. Luft
- 2: Flasche, CO₂ bzw. SO₂
- 3: Reduzierventil
- 4: Feindosierventil
- 5: Blasenähler
- 6: Trockenröhrchen
- 7: Sperrventil
- 8: Sicherheitsventil

- 9: Gasumwälzung
- 10: Auslaßventil
- 11: Gasfühler
- 12: Feuchtefühler
- 13: Temperaturfühler
- 14: Proben
- 15: Trockenmittel oder Salzlösung
- 16: Meßkammer

Abb. 5: Prinzip-Skizze der Diffusions-Meßeinrichtung für CO₂ oder SO₂ (im Bau)

Material	niedrige Umgebungsfeuchte ($\Delta RF: 50 \% \rightarrow 0 \%$)		hohe Umgebungsfeuchte ($\Delta RF: 100 \% \rightarrow 50 \%$)	
	μ [-]	$\mu \times d$ [m]	μ [-]	$\mu \times d$ [m]
Dispersion 1	5 600	3,6	650	0,4
Dispers.1+Grund.	8 700	5,9	1 800	1,3
Dispersion 2	15 500	2,7	2 300	0,4
Acrylharz 1	38 000	4,7	17 500	2,1
Acrylharz 2	25 000	3,0	16 000	1,9
Acrylharz 2, 2x	23 000	3,9	14 000	2,5
Acrylharz 3	42 000	5,6	24 000	3,1
Acrylharz 4	16 500	2,2	10 200	1,4
Siloxan	16 900	2,0	13 500	1,5
Siloxan+Grund.	16 400	2,1	12 400	1,7
	10 600	4,3	6 600	2,5
Dispersion 1 + Grundierung auf Betonträger	-	-	2 000	1,3
Acrylharz 2, auf Betonträger	-	-	7 000	1,3

Tabelle I: Einfluß der Umgebungsfeuchte auf die Diffusionswiderstandszahl bzw. auf den Diffusionswiderstand $\mu \times d$, (d = Schichtdicke) typischer, organischer Schutzbeschichtungen für Beton. Die Messungen erfolgten an sog. "freien" Anstrichfilmen. Jeder Wert ist Mittelwert aus 6 Einzelbestimmungen. Bei den letzten beiden Spalten erfolgte die Messung an beschichteten Betonprüflingen.

INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ
AMTLICHE MATERIALPRÜFANSTALT FÜR DAS BAUWESEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. DR. ING. E. h. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTÁSY

Amtl. Materialprüfanstalt für das Bauwesen
Beethovenstraße 52 - 3300 Braunschweig

An die
Deutsche Forschungsgemeinschaft
Postfach 20 50 04

5300 B o n n 2

Bei Antwort bitte Aktenzeichen angeben

Ihre Zeichen

322 654/Db

Ihre Nachricht vom

05.10.1984

Unsere Zeichen

497/Ls/Nei/Schr

3300 Braunschweig, den

05.11.1984

Betr.: Schwerpunktprogramm "Dauerhaftigkeit nichtmetallischer anorganischer Baustoffe"

Bezug: Bewilligungsbescheide Az.: Ne 232/3-1 vom 23.02.1983 und
Ne 232/3-2 vom 02.02.1984

B I B L I O T H E K
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

A r b e i t s b e r i c h t (Febr. 1983 - Okt. 1984)

zum Forschungsvorhaben

"Schutzwirkung organischer Beschichtungen zur Erhöhung
der Dauerhaftigkeit von Beton gegenüber Feuchtigkeit
und aggressiven Gasen"

von

K. Landwehrs

J. Neisecke

Frachtsendungen:
Braunschweig-Hauptgüterbahnhof
Erfüllungsort und Gerichtsstand: Hannover

Fernsprecher: (05 31) 391 5431
Fernschreiber: 9 52 698 ibstb d
Telegrammadresse: MPA Braunschweig

Besuchszeiten:
Montag bis Freitag 9-16 Uhr

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an die Prüfanstalt zu richten, nicht aber an einzelne Mitarbeiter.

Vorbemerkung

Im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Dauerhaftigkeit nichtmetallischer, anorganischer Baustoffe" wurde seitens der Deutschen Forschungsgemeinschaft das Forschungsvorhaben "Schutzwirkung organischer Beschichtungen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Beton gegenüber Feuchtigkeit und aggressiven Gasen" seit Februar 1983 (1. Förderungsabschnitt 12 Monate) und erneut seit Februar 1984 (2. Förderungsabschnitt 12 Monate) gefördert. Der vorliegende Arbeitsbericht unterrichtet daher über den Arbeitsfortschritt, die eingeschlagenen Untersuchungswege sowie bisher vorliegende Ergebnisse vom März 1983 - Oktober 1984, also über eine Zeitspanne von 20 Monaten.

Über den Bearbeitungszeitraum Februar 1983 - Oktober 1983 wurde bereits in einem ersten Arbeitsbericht (588/Nei/EF vom 28.10.1983) ausführlich berichtet /1/. Der hier vorliegende zweite Arbeitsbericht beinhaltet auch den ersten, o.g. Bearbeitungszeitraum; im Interesse einer zwar vollständigen, aber doch gestrafften Information werden die Ergebnisse des ersten Berichtszeitraums hier nur noch zusammenfassend dargestellt.

1. Allgemeines

Die Diffusionswiderstandszahlen μ organischer Beton-Schutzbeschichtungen für Wasserdampf, CO_2 und SO_2 sind bisher lediglich für H_2O -Dampf in einem für die Beurteilung der Schutzwirkung einigermaßen vertrauenswürdigen Umfang bekannt, wobei selbst bei der vergleichsweise einfachen μ -Bestimmung für Wasserdampf der Einsatzbereich ("feuchte" oder "trockene" Umgebungsluft bei konstanter Feuchtedifferenz an der Probe) und der Beschichtungsträger ("freier" Film, Papier, Beton) das Meßergebnis stark beeinflussen /2/.

Die Diffusionswiderstandszahlen von Beton-Schutzbeschichtungen für CO_2 werden bisher nur nach einem Verfahren bestimmt /3, 4/. Die Übertragbarkeit dieser Werte auf den praktischen Anwendungsfall ist jedoch nicht unmittelbar möglich, wofür in erster Linie die wenig praxisnahen Prüfbedingungen (völlig trockene Atmosphäre, stark überhöhte Gaskonzentration) als Ursache zu nennen sind. Die Schutzwirkung derartiger Anstriche gegenüber

SO₂ wird aufgrund der jeweils vorliegenden Ergebnisse für CO₂ vorausgesetzt, über die tatsächliche Wirkung ist jedoch bisher nichts bekannt.

Die vorstehend geschilderte, sehr unbefriedigende Situation war Veranlassung für die Beantragung des hier mit seinen Ergebnissen vorgestellten Forschungsvorhabens im Rahmen des Schwerpunktprogramms.

2. Ziele, Arbeitsprogramm

Im Mittelpunkt des ersten, 12-monatigen Förderungsabschnittes standen die Entwicklung, der Aufbau und die Erprobung der erforderlichen Meßeinrichtungen sowie bereits erste Ermittlungen von Diffusionswiderstandszahlen.

Im derzeit bearbeiteten zweiten Untersuchungsabschnitt wird dem Einfluß von Gaskonzentration, Gaszusammensetzung, Verfahrensweise und vom Probenaufbau auf die jeweils ermittelten Diffusionswiderstandszahlen nachgegangen. Ziel ist es hier, die Voraussetzungen für eine Ermittlung reproduzierbarer, realer und daher auch praxisanwendbarer Diffusionswiderstandszahlen bereitzustellen.

Im nachfolgenden, dritten Bearbeitungsabschnitt sollen dann die Schutzwirkungen der heute üblichen Beschichtungsstoffe für Betonoberflächen gegenüber Feuchte-, CO₂- und SO₂-Angriff ermittelt werden.

3. Arbeitsfortschritt, Vorgehensweise und Ergebnisse

In den ersten 20 Bearbeitungsmonaten (3.83 - 10.84), über die hier berichtet wird, wurden die folgenden Untersuchungsschritte in Angriff genommen bzw. abgeschlossen:

3.1 Herstellung "freier" Anstrichfilme

Sogenannte "freie" Anstrichfilme sind Anstrichproben, die sich bei der Prüfung nicht mehr auf einem Trägermaterial befinden. Ihre Präparation ist in der Regel nicht ganz einfach, da der erzeugte Film beim Ablösen vom Träger nicht verändert werden darf. Der Vorteil derartiger freier

Filme ist ihre Gleichmäßigkeit, insbesondere Filmdicke, über den Prüfquerschnitt sowie das Fehlen eines die Meßergebnisse ggf. beeinflussenden Trägers. So lassen sich zunächst die reinen Materialkennwerte ermitteln.

In der Literatur wird eine Reihe von Verfahren für die Herstellung freier Filme beschrieben, von denen ein Teil jedoch nur für ganz bestimmte Anstrichmaterialien brauchbar ist /5 - 8/. In umfangreichen Vorversuchen erwies sich hier bei den für einen Betonoberflächenschutz eingesetzten organischen Anstrichen das Verfahren "Photopapier" zur Erzeugung freier Anstrichfilme als am geeignetsten.

Zur Herstellung wird der Anstrichstoff mit dem Pinsel (andere Auftrags-techniken sind ebenfalls möglich) auf die Schichtseite des Photopapiers aufgetragen (vgl. Abb. 1). Nach dem Auftrocknen wird das Papier (Anstrich nach oben) auf eine naßfeuchte Unterlage aus Löschpapier gelegt. Durch das Aufweichen der Gelatineschicht (Photoschicht) läßt sich der Anstrichfilm in der Regel ohne mechanische Belastung vom Träger abnehmen (vgl. Abb. 2). Für die Herstellung eignen sich nur die sog. Barytpapiere (z. B. Agfa-Record Rapid, RRH 111). Nach diesem Verfahren wurden im Rahmen der bisher durchgeführten Untersuchungen regelmäßig freie Filme mit Abmessungen bis zu $13 \times 18 \text{ cm}^2$ hergestellt (nähere Details s. Arbeitsbericht vom 28.10.1983 /1/.

3.2 Herstellung beschichteter Betonprüflinge

Für die Herstellung beschichteter Betonprüflinge werden zunächst Betonplatten der Abmessungen $20 \times 20 \times 7 \text{ cm}^3$ in einer Batterieschalung stehend betoniert. Nach dem Ausschalen lagern die Platten 7 Tage feucht. Der Beton wird als B 30 mit 16 mm Größtkorn und PZ hergestellt. Nach 28 Tagen wird auf der Plattenvor- und -rückseite jeweils vier mal (symmetrisch verteilt) mit einer Bohrkronen ($\varnothing 80 \text{ mm}$) etwa 20 mm tief eingeschnitten. Anschließend wird von der Vorder- und Rückseite je eine ca. 10 mm dicke Scheibe abgeschnitten, so daß sich infolge der vorhergehenden Kernbohrungen insgesamt $2 \times 4 = 8$ kreisförmige, 10 mm dicke Betonscheiben von $80 \text{ mm } \varnothing$ als Anstrichträger ergeben. Nach dem Sandstrahlen der Schalseite (Beschichtungsseite) und einer vorsichtigen Trocknung erfolgt die Beschichtung. Ein Teil der Probekörper wird vor der Beschichtung völlig durchkarbonatisiert (Klimakammer, vgl. Abb. 3).

Dieser Arbeitsschritt wurde auf Empfehlung der Gutachter in der vorstehenden Art und Weise gegenüber der ursprünglichen Planung geändert. Das Verfahren hat sich gut bewährt.

3.3 Herstellung der Diffusionsproben

Die Herstellung der Diffusionsproben erfolgt nach DIN 52 615, DIN 53 122 oder auch in Anlehnung an /9/.

Freie Anstrichfilme (vgl. 3.1) oder beschichtete Betonprüflinge (vgl. 3.2) werden auf Glas- oder Metallgefäße diffusionsdicht aufgesetzt. Als diffusionsdichtes Verguß- bzw. dichtungsmittel hat sich hier eine Mischung aus vier Teilen Paraffinum durum DAB 8 (54 - 56°) und einem Teil Polyisobutylene (Oppanol) erwiesen. Paraffin allein hat häufig zu Undichtigkeiten geführt, da es ohne die Beimischung spröder ist und sich leichter von den Glas- bzw. Metallwandungen der Absorptionsgefäße löste. Als Absorbentien werden CaCl_2 oder NaOH (auf Asbestträger, sog. Natronasbest) eingesetzt. Bei Wasserdampfdiffusionsmessungen wird das Probengefäß mit H_2O -dest. gefüllt. Den typischen Probenaufbau zeigen die Abbildungen 4 und 5.

3.4 Durchführung und Auswertung der Diffusionsmessungen

Zur Ermittlung der Diffusionswiderstandszahl bzw. des Diffusionswiderstandes werden die Probekörper (vgl. 3.3) in einen Prüfraum gestellt, dessen Klima und Gaszusammensetzung je nach Aufgabenstellung unterschiedlich ist. Folgende Klimate bzw. Gasmischungen wurden und werden im Rahmen der Untersuchungen eingesetzt:

a) Wasserdampfdiffusion

20 °C, 50 % RF, natürliche Luft

(im Probenschälchen befindet sich dabei entweder ein Trockenmittel

(Trockenbereich, $\text{RF} \sim 0\%$) oder Wasser (Feuchtebereich, $\text{RF} \sim 100\%$).

b) CO_2 -Diffusion

20 °C, def. r.F., 80 % N_2 /20 % O_2 mit unterschiedlichen CO_2 -Zugaben im Bereich 0,15 - 20 Vol.-% bezüglich der Gesamtmischung

(Probenschälchenpaare: Natronasbest, CaCl_2).

c) SO₂-Diffusion

20 °C, def. r.F., 80 % N₂/20 % O₂ mit unterschiedlichen SO₂-Zugaben (Probenschälchenpaare: Natronasbest, CaCl₂).

Die Diffusionsproben werden in zeitlich konstanten Abständen auf einer Feinwaage (max. 400 g, Anzeige 1/1000 g) gewogen. Sowie die grafische Auftragung, Δ Gewicht über der Zeit, einen linearen Verlauf ergibt, kann die Stoffmengenstromdichte und damit auch μ errechnet werden (Details s. Arbeitsbericht vom 28.10.1984 /1/).

Eine typische Meßkurve zeigt Abb. 6, auf der die korrigierte Gewichtszunahme in mg über der CO₂-Begasungszeit einer Diffusionsprobe dargestellt ist. Wegen der sehr geringen Meßwertstreuung wird erwogen, zukünftig größere zeitabstände (ca. 7 Tage) zwischen zwei Messungen einzulegen, da jede Wägung einen Zusammenbruch des Prüfklimas und der Gaszusammensetzung bedeutet (Öffnen der Prüfkammer, Entnahme der Proben). Die sehr vorteilhafte, geringe Meßwertstreuung ist Ergebnis der vergleichsweise aufwendig - hinsichtlich Gaskonzentration und Klimadaten - geregelten Prüfeinrichtung (vgl. 3.5). Die uns aus vielen Untersuchungsberichten vorliegenden Meßkurven weisen in der Regel erheblich größere Meßwertstreuungen aus.

3.5 Entwicklung, Aufbau und Erprobung einer Prüfeinrichtung zur Ermittlung von Diffusionswiderstandszahlen (μ_{CO_2} , μ_{SO_2})

Vor dem Aufbau der eigentlichen Prüfeinrichtung wurde zunächst eine kleine Piloteinrichtung erstellt, in der die grundsätzlichen Probleme wie Gas-mischung, Gemischkontrolle, Probenaufbau, diffusionsdichtes Vergußmaterial, Dauer der Messung usw. studiert wurden. Diese Anlage zeigt die Abbildung 8. Aufgrund der mit dieser Versuchseinrichtung gewonnenen Erfahrungen wurde eine große Versuchseinrichtung aufgebaut, in der die umfangreichen Versuchsserien des zweiten und dritten Förderungsabschnitts (1984/1985) durchgeführt wurden und werden.

Eine Prinzipskizze der Anlagen zeigt Abbildung 7 des Anhangs. Die Gasdosierung erfolgt getrennt nach synthetischer Luft und CO_2 (bzw. SO_2) durch Durchflußregler, Gasometer, Gasuhr. Nach getrennter Zuführung in den Meßraum erfolgt dort die Mischung und Verwirbelung durch ein Gebläse. Dieses Gebläse ist immer in Betrieb, also auch dann, wenn kein Gas zugeführt wird. Auf dem Wege in den Meßraum werden die Gase getrocknet, weitere Trockenmittel befinden sich auf dem Boden des Meßraumes. Die Gaszusammensetzung kann mittels sog. Gas-Meßröhrchen (Fa. Dräger) sowie kontinuierlich mittels eingebauter Sonden kontrolliert werden. Ein Wärmetauscher vor dem Gebläse sorgt für Temperaturkonstanz in der Prüfkammer. An die Versorgungs-, Meß- und Regeleinheiten sind zwei große Prüfkammern aus Plexiglas der Abmessungen 80 cm x 40 cm x 50 cm angeschlossen. In die Probengestelle jeder Kammer können gleichzeitig max. 45 Proben eingesetzt werden. Diese vergleichsweise große Probenanzahl ist erforderlich, um die mit jeder Fragestellung des Forschungsvorhabens verbundenen, großen Probekörperzahlen im vorgegebenen Zeitrahmen durchmessen zu können.

Einen Eindruck von der Prüfeinrichtung vermitteln zusätzlich die Abbildungen 9 bis 11. Die Einrichtung hat sich bisher sehr bewährt (vgl. 3.4 und 3.6), sie ist ein wesentliches Ergebnis des ersten Förderungsabschnittes. An dieser Stelle soll erwähnt werden, daß die wesentlichen Teile der Gasmisch- und der kontinuierlichen, elektronischen Kontrolleinrichtung aus Haushaltsmitteln des Instituts bzw. der Amtlichen Materialprüfanstalt beschafft wurden.

3.6 Ergebnisse von Diffusionsmessungen

3.6.1 Einflüsse auf die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$

Über diese Untersuchung wurde bereits im ersten Ergebnisbericht vom 28.10.1983 /1/ ausführlich berichtet. Eine Tabelle mit den bisher vorliegenden $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ -Werten findet sich im Anhang zum vorliegenden Bericht. Außerdem werden der Vollständigkeit halber die Ergebnisse der Wasserdampf-Diffusionsmessungen hier zusammenfassend dargestellt:

- Meßverfahren und Probenherstellung liefern Ergebnisse mit der erforderlichen Meßgenauigkeit und Reproduzierbarkeit.

- Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen μ_{H_2O} üblicher Schutzanstriche für Betonoberflächen umfassen - je nach Umgebungsfeuchte und Anstrichmaterial bzw. -aufbau - einen Wertebereich von $\sim 600 - 40.000$.
- Von den untersuchten Materialien weisen die niedrigsten Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen die Dispersionen, die höchsten die lösungsmittelhaltigen Acrylharze auf.
- Lösungsmittelhaltige Acrylharze weisen - je nach Formulierung und Pigmentierung - sehr unterschiedliche Werte auf.
- Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl hängt - je nach Anstrichmaterial - mehr oder weniger deutlich von der Umgebungsfeuchte ab.

Acrylat-Dispersionen:

Bei niedriger Umgebungsfeuchte ($\Delta RF: 50 \% \rightarrow 0 \%$) ist μ_{H_2O} etwa 5 - 10 mal größer als bei hoher Umgebungsfeuchte ($\Delta RF: 100 \% \rightarrow 50 \%$).

Lösungsmittelhaltige Acrylharze:

μ_{H_2O} ist bei niedriger Umgebungsfeuchte etwa 1,5 - 2 mal größer als bei hoher Umgebungsfeuchte.

Siloxan-Anstriche:

μ_{H_2O} weist bei niedriger Umgebungsfeuchte etwa 1,2 mal größere Werte auf als bei hoher Umgebungsfeuchte.

- Vergleichsmessungen an beschichteten Betonprüflingen bei hoher Umgebungsfeuchte zeigen gute Übereinstimmung mit den an freien Anstrichfilmen gefundenen Werten.

In der Praxis hat sich mehr und mehr durchgesetzt, die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl bei hoher Umgebungsfeuchte ($\Delta RF: 100 \% \rightarrow 50 \%$) zu ermitteln. Dieses Vorgehen ist bauphysikalisch sinnvoll (Problem: Austrocknung einer feuchten Wand), die vorstehend gezeigte und ggf. große Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchte sollte jedoch bei der Bewertung von Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen während der Planung einer Schutzmaßnahme beachtet werden.

3.6.2 Einflüsse auf die CO_2 -Diffusionswiderstandszahl μ_{CO_2}

Messungen der CO_2 -Diffusionswiderstandszahl μ_{CO_2} waren an sog. freien Filmen als auch an Beschichtungen auf getrockneten bzw. getrockneten und karbonatisierten Betonträgern geplant. Zur Zeit laufen umfangreiche Untersuchungen an Proben aus freien Filmen zur Klärung der Einflüsse von Vorgehensweise und Probenherstellung auf die Ergebnisse. Erste Meßwerte enthält ebenfalls die Tabelle des Anhangs. Die dort angegebenen Diffusions-Widerstandszahlen sind jeweils das Mittel aus 4 Einzelbestimmungen. Die bisher vorliegenden Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassend darstellen:

- Die aufgebaute Meßeinrichtung ermöglicht eine reproduzierbare Messung, wobei insbesondere die geringe Streuung bei der zeitlichen Gewichtszunahme (Absorption des Beanspruchungsgases in der Probe) hervorgehoben werden soll. Abb. 6 zeigt eine typische, grafische Ermittlung des Stoffmengenstromes (rote Linie) zur Berechnung von μ .
- Die Meßzeit beträgt ca. 14 Tage, wegen der geringen Streuung (s. o.) wird erwogen, die Zahl der Wägungen deutlich zu reduzieren, da jede Wägung einen Zusammenbruch des Prüfklimas zur Folge hat (vgl. 3.4).
- Die μ_{CO_2} -Werte üblicher Betonoberflächenschutzanstriche liegen im Bereich $10^5 - 10^7$. Die kleineren Werte finden sich unter den Dispersionen, die hohen bei den lösungsmittelhaltigen Anstrichen.
- Wie bei der Ermittlung von $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ zeigt sich auch hier, daß der Betrag von μ_{CO_2} sowohl bei Dispersionen als auch bei lösungsmittelhaltigen Anstrichen stark (u. U. Zehnerpotenz) von der Formulierung oder Pigmentierung des Anstriches abhängt.

- Das bisher übliche und bei der praktischen Materialprüfung auch angewendete Verfahren enthält (durch zusätzliche Absorption von Feuchte) u. U. eine Fehlerquelle, welche die Ergebnisse wesentlich (ggf. max. Faktor 2) verfälschen kann (vgl. Tabelle des Anhangs).

Da der CO_2 -Absorber (Natronasbest) der Diffusionsproben sowohl H_2O -Dampf als auch CO_2 aufzunehmen vermag, wurde parallel zu jeder CO_2 -Diffusionsprobe eine zusätzliche, völlig gleichartige Probe mitgemessen, die als Absorber jedoch CaCl_2 enthielt. Da CaCl_2 nur H_2O -Dampf absorbiert, konnte festgestellt werden, ob und in welchem Maße während der CO_2 -Diffusion auch die Möglichkeit einer Wasseraufnahme - und damit eine Verfälschung - besteht. Es hat sich gezeigt, daß die Proben mit CaCl_2 -Absorber trotz völliger Trockenheit des Prüfklimas (im Prüfraum befinden sich große Mengen Feuchteabsorber, außerdem erfolgt eine kontinuierlich Feuchtemessung mittels einer Sonde) bei jeder Wägung eine Gewichtszunahme ergaben (vgl. untere, blaue Kurve in Abb. 6). Es ist daher davon auszugehen, daß die mit Natronasbest als Absorber gefüllte CO_2 -Diffusionsprobe prinzipiell neben CO_2 zusätzlich die gleiche Wassermenge aufnimmt wie die mit CaCl_2 gefüllte Probe. Die Gewichtszunahmen der CO_2 -Diffusionsproben müssen dementsprechend um die parallel dazu ermittelten Feuchtezunahmen reduziert werden, um die CO_2 -Aufnahme für eine μ -Bestimmung zu ermitteln. Diese Korrektur ist in Abb. 6 dargestellt (grüne Kurve: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, rote Kurve: nur CO_2 -Aufnahme, Differenz zwischen "grün" und "blau"); die zugehörigen Ergebnisse aller Messungen finden sich in der Tabelle der Anlage.

Die bisherige Untersuchung hat gezeigt, daß ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen zusätzlicher Feuchteaufnahme und Wasserdampf-Diffusionswiderstand der Anstriche nicht nachweisbar ist. Möglich ist ggf. eine Absorption durch die Anstriche selbst, während die Proben zur Wägung aus dem Prüfklima entnommen werden. Zur Klärung des Effektes laufen weitere Versuchsreihen, in die "Blindproben" ohne jeden Absorber eingesetzt werden.

Parallel zu den vorstehend beschriebenen Untersuchungen werden derzeit in großem Umfang die Probekörperserien beschichtet, bei denen karbonatisierte und unkarbonatisierte Betonscheiben als praxisnahe Anstrichträger dienen. Mit diesen Proben wird dem Einfluß der Anstrichträger auf das Meßergebnis nachgegangen.

Die Untersuchungen des Einflusses von CO_2 -Konzentration und zusätzlicher Feuchte ("reales" Prüfklima) auf die Ergebnisse von CO_2 -Widerstandsmessungen an Betonschutzanstrichen sind in der zweiten Prüfkammer zum Jahreswechsel 1984/85 eingeplant.

4. Zusammenfassung

Im ersten Förderungsabschnitt über 12 Monate von März 1983 bis März 1984 des Forschungsvorhabens "Schutzwirkung organischer Beschichtungen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Beton gegenüber Feuchtigkeit und aggressiven Gasen" war geplant, eine Laboreinrichtung für Diffusionsmessungen zu entwickeln, aufzubauen und zu erproben. Außerdem sollten erste Untersuchungen zur Ermittlung der Einflüsse von Gaszusammensetzungen, Gaskonzentrationen, Feuchteeinfluß und Probenaufbau auf die Ergebnisse der Diffusionsmessungen durchgeführt werden.

Im zweiten Förderungsabschnitt von März 1984 - März 1985 sollten die Untersuchungen zur Ermittlung der Einflüsse von Gaszusammensetzung, Gaskonzentration und Probenaufbau (freier Film, karbonatisierter und unkarbonatisierter Beton als Anstrichträger) sowie von der Meßdurchführung (z. B. Abstand und Anzahl der Wägungen) fortgesetzt und abgeschlossen werden.

In den ersten insgesamt 20 Monaten der Bearbeitung des Forschungsvorhabens wurden alle dort geplanten Programmpunkte in Angriff genommen und z. T. schon abgeschlossen. Über die Ergebnisse wurde in Abschnitt 3 berichtet. Insbesondere wurde eine Diffusionsmeßeinrichtung aufgebaut, in deren zwei voneinander unabhängigen, großen Prüfkammern umfangreiche Probekörperserien parallel geprüft werden können.

Aufgrund der bisher planmäßig verlaufenden Bearbeitung gehen die Autoren dieses Arbeitsberichtes davon aus, daß am Ende der ersten beiden Förderungsperioden alle erforderlichen Voraussetzungen für die erfolgreiche Bearbeitung des dritten Teilschnittes des Forschungsvorhabens zur Verfügung stehen werden.

Projektleiter

Sachbearbeiter

(Dr.-Ing. J. Neisecke)

(Dipl.-Phys. K. Landwehrs)

Braunschweig, 05. November 1984

5. A N H A N G

5.1 Literaturverzeichnis

5.2 Abbildungen 1 - 11

5.3 Ergebnistabelle

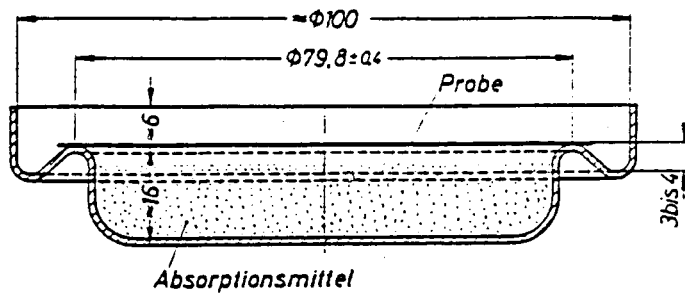
5.1 Literaturverzeichnis

- / 1/ Landwehrs, K.;
Neisecke, J.: Arbeitsbericht 588/Nei/EF vom 28.10.1983
zum Forschungsvorhaben (1. Förderungs-
periode)
- / 2/ Bagda, E.;
Renz, W.;
Weißert, A.: Der Feuchtehaushalt von Fassadenfarben
Farbe und Lack, 87 (1981) 7-12
- / 3/ Engelfried, R.: Karbonatisierung von Beton, ihre
Bedeutung und ihre Beeinflussung
durch Beschichtungen
defazet 31 (1977) 353-359
- / 4/ Engelfried, R.: Diffusionswiderstandszahlen für CO₂ und
H₂O und deren praktische Anwendung
Farbe und Lack 89(1983)7, S. 513 - 518
- / 5/ Wilborn, F.: Physikalische und technologische Prüf-
verfahren für Lacke und ihre Rohstoffe
Berliner Union Verlag, Stuttgart,
1953
- / 6/ Funke, W.;
Handloser, G.: Glanz und Permeabilität als Eigen-
schaften zur Bestimmung der kritischen
Pigmentvolumenkonzentration von
Lackfilmen
defazet 27 (1973), S. 440
- / 7/ Harris, J.: A procedure for preparing free
paint films
Federat. Paint Varn. Product.
Clubs Off. Digest 28 (1956), S. 30 - 31
- / 8/ Cass, R. A.: PTFE as a substrate for free paint
films
Federat. Pain Varn. Product.
Clubs Off. Digest 29 (1957), S. 240
- / 9/ Wierig, H.-J.: Ein einfaches Verfahren zur Messung
der Wasserdampfdurchlässigkeit von
Mörtel und Beton
Zement-Kalk- Gips 16 (1963), S. 125

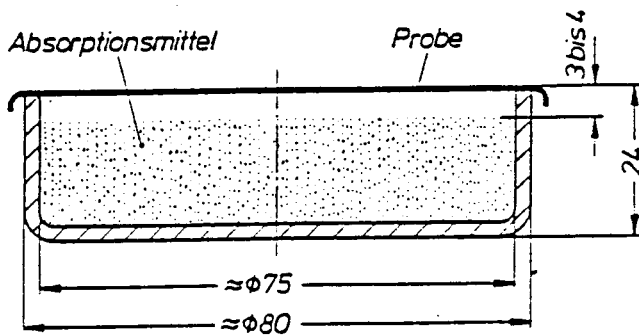
Abb. 1.: Beschichtetes Fotopapier zur Herstellung "freier"
Anstrichfilme

Abb. 2.: Ablösen des "freien" Anstrichfilms vom Foto-
papier nach dessen Durchfeuchtung

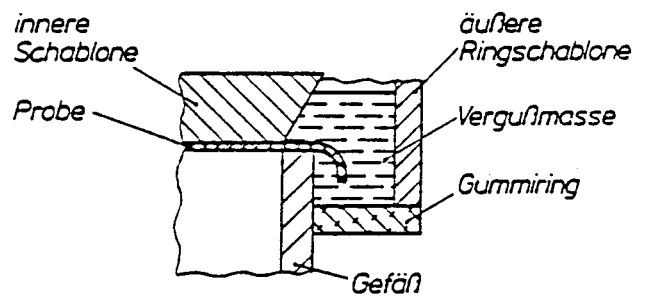
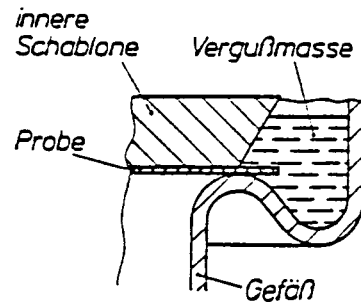
Abb. 3.: Kesternichgerät als Karbonatisierungskammer
für große "Betonträger"-Serien



Absorptionsraum aus Aluminium-Schale



Absorptionsraum aus Glas-Schale



Vorrichtungen zum Vergießen

Abb. 4: Aufbau von Diffusionsproben entsprechend DIN 53 122, Blatt 1, Seite 3

Abb. 5.: Proben des Versuchsprogramms (entsprechend Abb. 4). Rechts "Blindprobe" zur Ermittlung der Dichtigkeit der Vergußmasse

Probe Nr. 160 v. 179
(Acrylharz 2)

CO₂-Durchlässigkeit

Δm [mg]

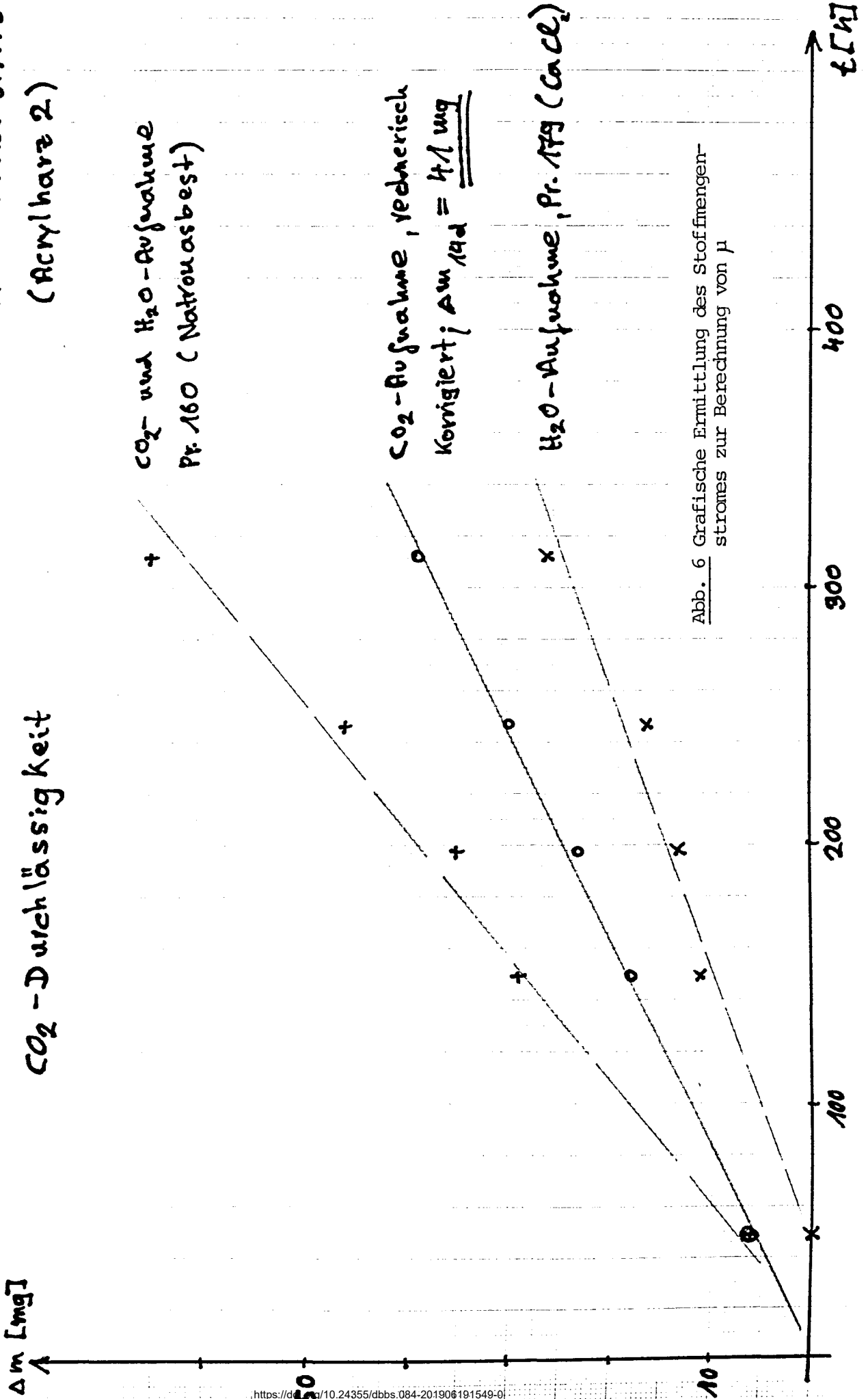
CO₂- und H₂O-Aufnahme
Pr. 160 (Natronasbest)

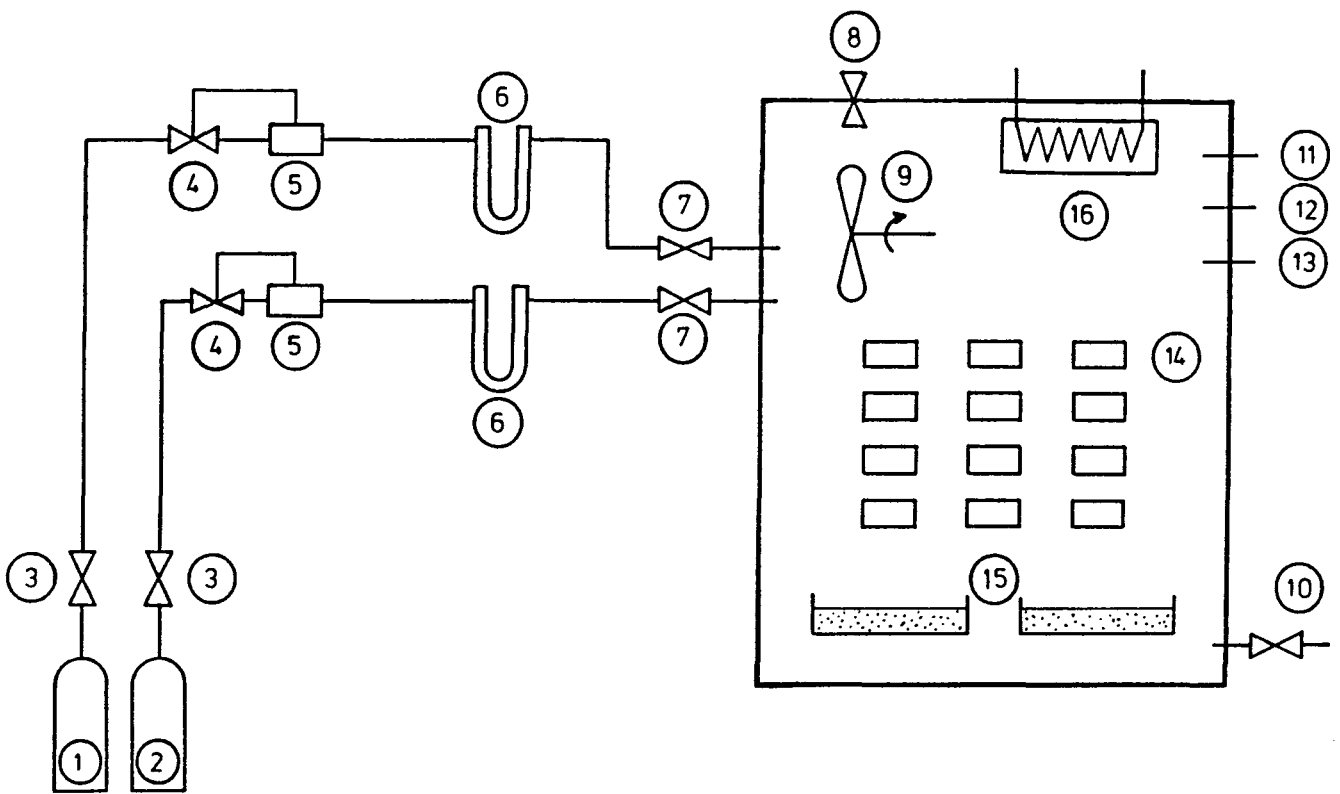
CO₂-Aufnahme, vednerisch
Korrigiert; $\Delta m_{14d} = 41 \text{ mg}$

H₂O-Aufnahme, Pr. 179 (CaCl₂)

Abb. 6 Grafische Ermittlung des Stoffmengenstromes zur Berechnung von μ

t [h]





- 1: Flasche, synth. Luft
- 2: Flasche, CO_2 bzw. SO_2
- 3: Reduzierventil
- 4: Regelventil
- 5: Dosiereinrichtung
- 6: Trockenröhrchen
- 7: Sperrventil
- 8: Sicherheitsventil

- 9: Gasumwälzung
- 10: Auslaßventil
- 11: Gasfühler
- 12: Feuchtefühler
- 13: Temperaturfühler
- 14: Proben
- 15: Trockenmittel oder Salzlösung
- 16: Wärmetauscher

Abb. 7: Prinzipskizze der Diffusionsmeßeinrichtung (vgl. auch Abb. 9)

Abb. 8: Pilotanlage des ersten Förderungsabschnitts für Diffusionsmessungen

Abb. 9: Nach der Pilotanlage (vgl. Abb. 8) aufgebaute Diffusionsmeßeinrichtung mit 2 Plexiglasprüfkammern für jeweils 45 Diff.-Proben. Kontroll-, Regel- und Versorgungseinrichtungen (vgl. auch Abb. 7)

Abb. 10:

Blick in eine geöffnete
Prüfkammer mit Gasfühler,
Steckdose, Wärmetauscher
und H₂O-Absorbergefäßen
(von oben nach unten)

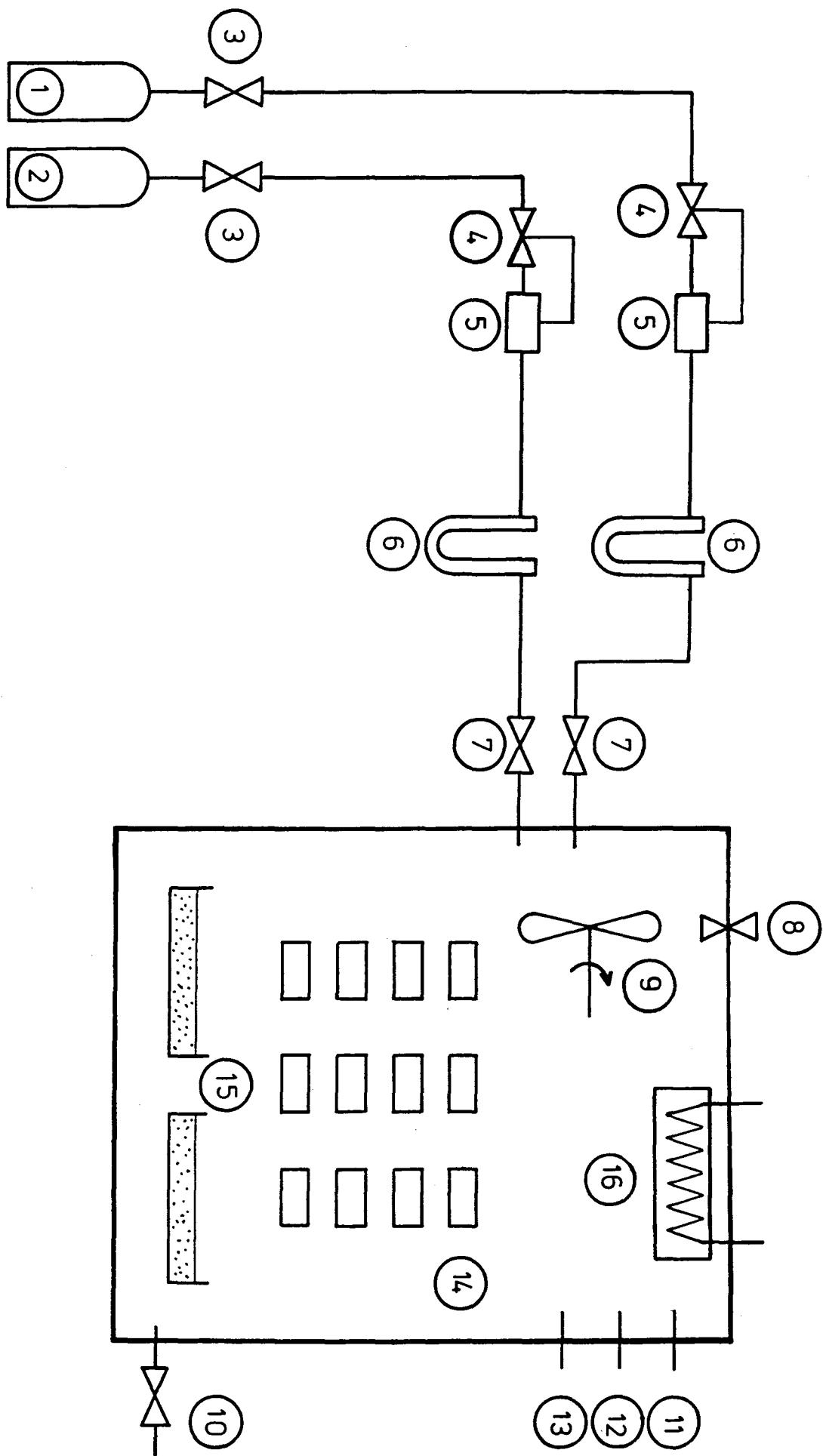
Abb. 11:

Blick in eine mit 27 Proben
gefüllte Prüfkammer während
einer Messung

Material	H ₂ O-Dampfdiffusion					CO ₂ -Diffusion				
	S (mm)	Trockenbereich		Feuchtebereich		S(mm)	unkorrigiert		korrigiert	
		μ _{H2O}	Sd(m)	μ _{H2O}	Sd(m)		μ _{CO2}	Sd(m)	μ _{CO2}	Sd(m)
Dispersion 1	0,62	5.600	3,6	650	0,4	0,65	114.000	73	135.000	86
Dispersion 1 mit Grundierung	0,65	8.700	5,9	1.800	1,3	0,71	226.000	159	328.000	230
Dispersion 2	0,18	15.500	2,7	2.300	0,4	0,16	1.560.000	246	2.330.000	367
Acrylharz 1	0,12	38.000	4,7	17.500	2,1	0,14	2.170.000	311	4.970.000	711
Acrylharz 2	0,18	23.000	3,9	14.000	2,5	0,18	1.330.000	244	2.360.000	429
Acrylharz 3	0,13	40.000	5,5	24.000	3,0	0,12	2.540.000	308	5.310.000	645
Acrylharz 4	0,13	15.200	2,1	10.200	1,4	0,14	1.460.000	204	3.740.000	520
Siloxan	0,12	16.900	2,1	13.300	1,5	0,15	929.000	136	1.530.000	224
Dispersion 3, rißüberbrückend	0,38	10.700	4,3	6.600	2,5	0,41	1.230.000	504	nicht aus- wertbar	-

Ergebnistabelle zu Wasserdampf- und CO₂-Diffusionsmessungen

Zu den Werten vgl. auch Abschnitte 3.6.1 (Wasserdampfdiffusions-Widerstandsmessungen) und Abschnitt 3.6.2 (CO₂-Diffusions-Widerstandsmessungen)



F084-57: 48

INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ
AMTLICHE MATERIALPRÜFANSTALT FÜR DAS BAUWESEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. DR. ING. E. H. K. KORDINA PROF. DR.-ING. F. S. ROSTASCH

Am 1. März 1985 ist folgende Bescheinigung
Bewilligung Nr. 232/3-1, 23.02.1983

An die
Deutsche Forschungsgemeinschaft
z. H. Herrn Dr.-Ing. J. Tobolski
Postfach 20 50 04

Bei Antwort bitte Anzeichen setzen

5300 Bonn 2

Ihre Zeichen:

Ihre Nachricht vom:

Unsere Zeichen:

3300 Braunschweig, den

-

-

542/Nei/Me

29. November 1985

Betr.: Schwerpunkt "Dauerhaftigkeit nichtmetallischer,
anorganischer Baustoffe"

Bezug: Bewilligungsbescheide Az.: Ne 232/3-1, 23.02.1983
Ne 232/3-2, 02.02.1984
Ne 232/3-3,

Arbeitsbericht (Februar 1983 - November 1985)

zum Forschungsvorhaben

"Schutzwirkung organischer Beschichtungen zur Erhöhung der
Dauerhaftigkeit von Beton gegenüber Feuchtigkeit und aggressiven
Gasen"

von

K. Landwehrs

J. Neisecke

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Frachtsendungen:
Braunschweig-Hauptgüterbahnhof
Erfüllungsort und Gerichtsstand: Hannover

Fernsprecher: (05 31) 391 5431
Fernschreiber: 9 52 688 (bstd d
Telegrammadresse: MPA Braunschweig

Besuchszeiten:
Montag bis Freitag 9-18 Uhr

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an die Prüfungsanstalt zu richten, nicht aber an einzelne Mitarbeiter

0. Vorbemerkung

Das vorliegende Forschungsvorhaben wird seit dem 23. Februar 1983 von der DFG gefördert. Im dritten Förderungsabschnitt (02.1985 - 02.1986) ergaben sich meßtechnische Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Diffusionswiderstandszahlen μ_{CO_2} und μ_{SO_2} bei gleichzeitiger Anwesenheit von Feuchte. Die in den beiden ersten Förderabschnitten entwickelte, erprobte und für die Messung bei trockener Atmosphäre erfolgreich eingesetzte Versuchseinrichtung gestattete bei Anwesenheit von Feuchte keine befriedigende Messung. Zur Beantwortung der für die Praxis sehr wichtige Frage, ob die Diffusionswiderstandszahlen gegenüber den Aggressivgasen SO_2 und CO_2 vom Feuchtegehalt realer Klimate abhängen (Praxisbezug) mußte daher ein 4. Förderungsabschnitt für das Jahr 1986 beantragt werden.

1. Allgemeines und Aufgabenstellung

Die Schutzwirkung organischer Beschichtungen für Beton oder andere, anorganische Baustoffe zur Erhöhung deren Dauerhaftigkeit wird durch ihre Durchlässigkeit gegenüber Wasserdampf ($\mu_{\text{H}_2\text{O}}$), aggressiven Gasen (μ_{CO_2} , μ_{SO_2}) und gegenüber Wasser (H_2O -Aufnahmekoeffizient) beschrieben. Das vorliegende Forschungsvorhaben hatte es sich zur Aufgabe gestellt, die zugehörigen Meßverfahren, insbesondere zur CO_2 - und SO_2 -Diffusion, zu präzisieren und dabei Einflußfaktoren auf die Meßergebnisse zu ermitteln. Derartige Einflußfaktoren können sein: Konzentration des Gases, reale Feuchtegehalte im Prüfklima, Aufbau der Diffusionsprobe. Durch Vergleich der Ergebnisse mit den Verhältnissen an ausgelagerten Proben sollte der Praxisbezug der Labormessungen gesichert werden.

Über die Entwicklung und Erprobung der Versuchseinrichtung zur Ermittlung der Diffusionswiderstandszahlen, die Herstellung sog. "freier" Anstrichfilme, den Probenaufbau und insbesondere über die Ursache der auffälligen Meßwertstreuungen des bisher beim

Nachweis der CO_2 -Durchlässigkeit von Anstrichfilmen eingesetzten Verfahrens wurde eingehend in den Arbeitsberichten zu den Förderungsabschnitten 1 (Bericht vom 28.10.1983) und 2 (Bericht vom 05.11.1984) berichtet. Im folgenden Text wird über die bisher erzielten Ergebnisse berichtet, wobei wegen einer besseren Übersichtlichkeit auch die Ergebnisse der vorangegangenen Förderungsperioden enthalten sind.

2. Ergebnisse

2.1 Diffusionsproben

"Freie" Anstrichfilme werden durch Auftragen des Beschichtungsmaterials auf Photopapier (sog. Barytpapiere) mit nachfolgendem Ablösen des Beschichtungsfilmes unter Feuchteeinwirkung (spannungsfrei) hergestellt. Das diffusionsdichte Aufkleben der Filme auf die Absorptionsgefäße geschieht mit einer Mischung aus vier Teilen Paraffin und einem Teil Polyisobutylen. Als Absorber für CO_2 bzw. SO_2 wird Natronasbest (NaOH auf Asbestträger) benutzt. Bei Wasserdampfdiffusionsmessungen wird das Absorptionsgefäß mit H_2O -dest. gefüllt.

Für die Diffusionsmessungen werden sowohl "freie" Anstrichfilme als auch mit gleicher Menge Anstrich beschichtete, karbonatisierte Betonscheiben benutzt.

2.2 CO_2 -Diffusion

- a) Ursache der großen Meßwertstreuung (bis ~ 100 %) bei der bisher üblichen Ermittlung der CO_2 -Durchlässigkeit von Anstrichfilmen ist eindeutig die zufällige, unkontrollierte Feuchteaufnahme während der Wägung der Diffusionsproben, da NaOH sowohl CO_2 als auch H_2O absorbiert und die Beschichtungen in der Regel eine im Vergleich zu CO_2 große H_2O -Dampfdurchlässigkeit besitzen. Durch gleichzeitiges Mitmessen völlig gleichartiger Diffusionsproben, die statt NaOH als Absorber CaCl_2 enthalten, läßt sich dieser Feuchtefehler sicher ermitteln und durch Differenzbildung eliminieren. Damit ist die Voraussetzung für eine sichere Bestimmung der CO_2 -Durchlässigkeit in trockener Atmosphäre gegeben.

- b) Ein Einfluß der CO_2 -Konzentration auf die Durchlässigkeit der Anstrichfilme wurde im Konzentrationsbereich 1 % CO_2 - 30 % CO_2 nicht festgestellt. Bisher war es üblich, die Durchlässigkeit bei 10 % CO_2 zu ermitteln. Im Interesse kürzerer Ermittlungsdauern und höherer Genauigkeit (größere Gewichts-differenzen zwischen den Wägungen) kann daher die CO_2 -Konzentration wesentlich erhöht werden.
- c) Zur Ermittlung des Einflusses vom Betonuntergrund auf die Durchlässigkeit des Anstrichfilmes (bei gleicher Auftragsmenge wie zur Herstellung der "freien" Filme) wurden karbonatisierte Betonscheiben vergleichend beschichtet und unbeschichtet untersucht. Meßverfahren und grundsätzlicher Probenaufbau unterschieden sich dabei nicht von den Messungen an freien Filmen. Es hat sich dabei gezeigt, daß sich die Durchlässigkeit auf 1/4 bis 1/10 der an entsprechenden "freien" Filmen ermittelten Werte verringert.

Da CO_2 -Durchlässigkeiten zur Beurteilung der Schutzwirkung in der Praxis ausnahmslos an freien Filmen oder vergleichbar (auf Papier) hergestellt wurden, stellt sich damit sofort die Frage, ob der bisher angegebene Mindestwert des CO_2 -Widerstandes von 50 m noch länger haltbar ist. Diese Frage kann am Ende der dritten Förderperiode nach Abschluß der zugehörigen Probenserien beantwortet werden.

2.3 SO_2 -Diffusion

Die Ermittlung der SO_2 -Durchlässigkeit wurde und wird mit den gleichen Proben und nach dem gleichen Verfahren (gravimetrisch) wie die der CO_2 -Durchlässigkeit durchgeführt. Als Beanspruchungsgas wurde hier jedoch eine Atmosphäre aus synthetischer Luft und SO_2 gewählt. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

- a) Ein Einfluß der SO_2 -Konzentration auf das Meßergebnis wurde (wie bei CO_2) nicht festgestellt.

- b) Die bisherige Annahme, daß die Sperrwirkung der Beschichtungen gegenüber SO_2 etwa von der gleichen Größe sei, wie gegenüber CO_2 läßt sich nicht mehr aufrecht erhalten. Je nach Beschichtungsmaterial ist die Sperrwirkung gegenüber SO_2 um den Faktor 4 - 20 geringer als gegenüber CO_2 . Eine Übersicht gibt die Tabelle 1 mit Diffusionswiderständen freier Filme gegenüber CO_2 , SO_2 und H_2O -Dampf.

2.4 Einfluß realer Feuchtegehalte im Prüfklima

Die Frage, welchen Einfluß reale Feuchtegehalte auf die Schutzwirkung haben, konnte biher nur für die Wasserdampfdiffusion geklärt werden. Hier hat sich gezeigt, daß - je nach Anstrichmaterial - Wertänderungen bis um den Faktor 2 möglich sind, wobei die Durchlässigkeit bei höherer Feuchte größer ist als bei niedriger Feuchte. Aus diesem Grund wird die Wasserdampfdurchlässigkeit auch bei einer Differenz der rel. Feuchte zwischen 100 % und 50 % (Feuchtebereich) ermittelt.

Der Einfluß realer Feuchteklimata auf die CO_2 - und SO_2 -Durchlässigkeit ließ sich mit den aufgebauten und eingesetzten Verfahren nicht ermitteln. Die aufgenommenen Feuchtemengen der NaOH -Proben (Absorption von CO_2 bzw. SO_2 und Wasserdampf) und der CaCl_2 -Proben (Absorption nur von Wasserdampf) waren wegen der in der Regel hohen Wasserdampfdurchlässigkeit der Anstriche so groß, daß durch Differenzbildung der Gewichtszunahmen die absorbierte CO_2 -Menge nicht mit der erforderlichen Genauigkeit bestimmt werden konnte (vgl. jedoch 2.2 a), Trockenklima).

Es ist daher erforderlich, zur Beantwortung dieser sehr wichtigen Fragestellung (Praxisbezug) das Verfahren derart umzustellen, daß in einer Diffusionszelle, die diffundierte CO_2 - (SO_2 -) Menge nach Diffusion durch den Film getrennt aufgefangen und dann jeweils durch direkte Wägung bestimmt werden kann. Die geplante Versuchseinrichtung zeigt Abb. 1.

Für diesen mit erheblichem Meßaufwand verbundenen Untersuchungsschritt (Aufbau der Apparatur, Erprobung und Messung) ist eine weitere Förderungsperiode von 12 Monaten erforderlich, für die mit Antrag vom 15. November 1985 die Finanzierung beantragt wurde. Der Meßaufwand ist deswegen hoch, da im Gegensatz zur üblichen Diffusionsmessung nicht parallel eine große Probenzahl, sondern immer nur ein Film untersucht werden kann.

2.5. Probenauslagerung

Eine große Anzahl beschichteter Proben, die aus einem besonders "karbonatisierungswilligen" Mörtel hergestellt worden waren, sind in der vorangegangenen Förderungsperiode der freien Bewitterung ausgesetzt. Diese Probekörper werden erst kurz vor dem Abschluß des Forschungsvorhabens geöffnet, um die Schutzwirkung der organischen Beschichtungen nach einer möglichst langen, realen Beanspruchung ermitteln zu können.

3. Zusammenfassung

In den ersten drei Förderungsabschnitten des vorliegenden Forschungsvorhabens wurden die gestellten Fragen erfolgreich beantwortet, wobei sich hinsichtlich der Übertragbarkeit der Laborwerte bei CO_2 - und SO_2 -Diffusion offenbar die Notwendigkeit ergibt, von bisher vorhandenen Vorstellungen bzw. Grenzwerten zur Festlegung der Schutzwirkung abzugehen.

Die Ermittlung einer möglichen Abhängigkeit der CO_2 - bzw. SO_2 -Diffusion von den realen Feuchtegehalten der Atmosphäre gelang mit der vorhandenen Meßeinrichtung noch nicht. Zur Lösung dieser sehr wichtigen Frage ist der Aufbau einer Diffusionszelle erforderlich, so daß eine 4. Förderungsperiode von 12 Monaten nötig wird.

Die Autoren dieses Arbeitsberichtes gehen davon aus, daß aufgrund der bisher insgesamt erfolgreichen Bearbeitung des Vorhabens auch die Frage nach dem Einfluß realer Umgebungsfeuchte auf die CO_2 - und SO_2 -Durchlässigkeit von organischen Schutzbeschichtungen am Ende der vierten Förderungsperiode gelöst ist.

Projektleiter

Sachbearbeiter

(Dr.-Ing. J. Neisecke)

(Dipl.-Phys. K. Landwehrs)

Braunschweig, den 25. November 1985

Anstrichart	$S_d - H_2O$ (m) 100% RF → 50% RF	$S_d - H_2O$ (m) 50% RF → 0% RF
Acr.-Disp.	0,39	3,6
Acr.-Disp.	0,40	2,7
Acr.-Lös.	3,0	5,5
Acr.-Lös.	2,5	3,9

a) H_2O -Dampfdiffusionswiderstand nach DIN 52 615
"wet cup" bzw. "dry cup"

Anstrichart	$\mu_{CO_2} \times 10^{-6}$	
	30 %-Atmosph.	1 %-Atmosph.
Acr.-Disp.	0,2	0,2
Acr.-Disp.	7,4	10,0
Acr.-Lös.	7,1	9,5
Acr.-Lös.	3,5	5,2

b) CO_2 -Diffusionswiderstandszahl in Abhängigkeit
von der CO_2 -Konzentration

Anstrichart	$S_d - H_2O$ (m)	$S_d - CO_2$ (m)	$S_d - SO_2$ (m)
Acr.-Disp.	0,39	88	29
Acr.-Disp.	0,40	1100	77
Acr.-Lös.	3,0	820	61
Acr.-Lös.	2,5	560	110

c) Diffusionswiderstände typischer Schutzanstriche
gegenüber H_2O -Dampf, CO_2 und SO_2

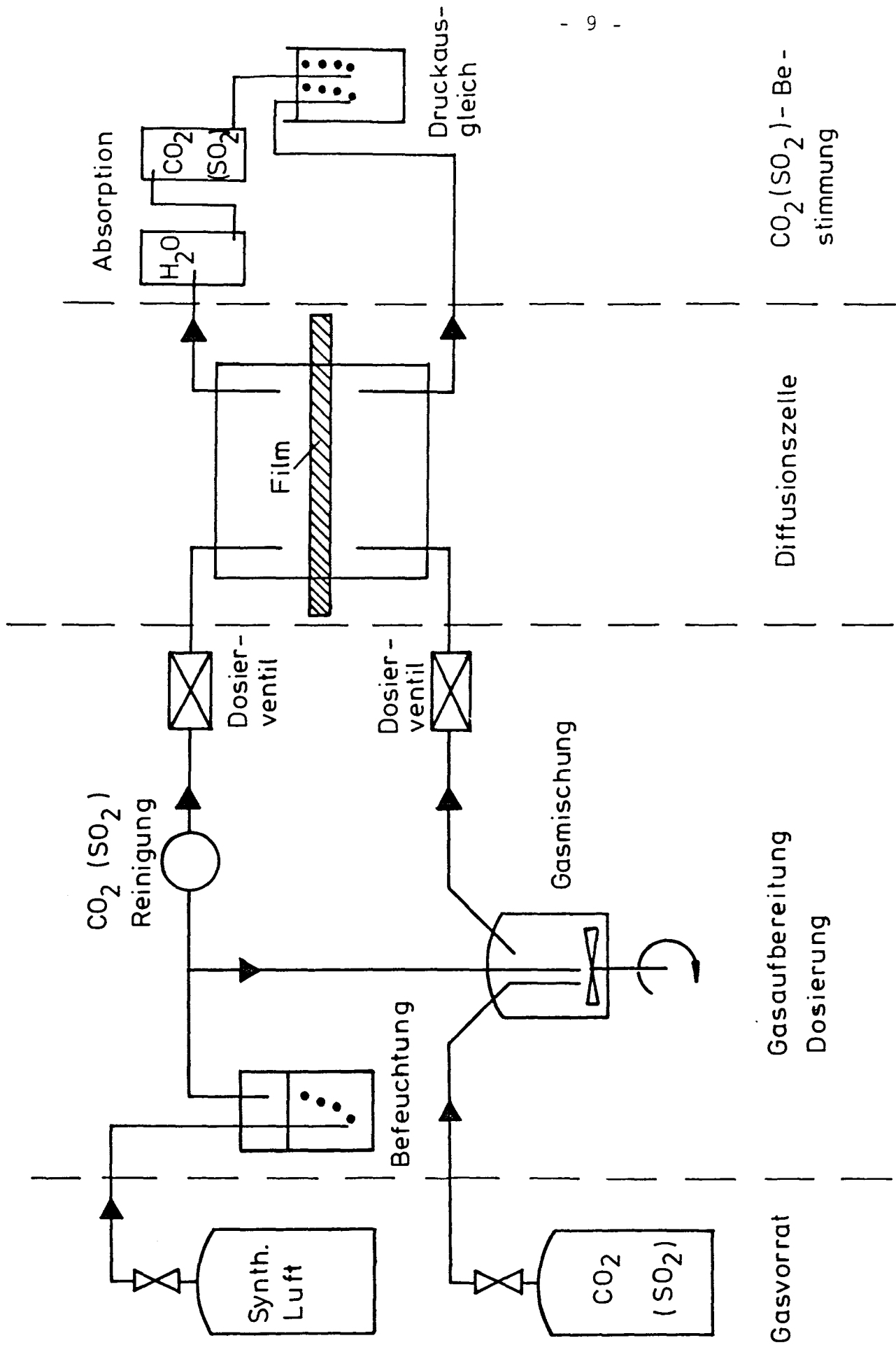


Abb. 1 Diffusionsmeßzelle zur Ermittlung der CO_2 - und SO_2 -Durchlässigkeit bei realen Feuchtegehalten im Prüfklima

7084-85

708487 : 486

04. SEPTEMBER 1989

30-0270/001